El Ecógrafo

Los sistemas de ultrasonido de uso general proveen imágenes en dos dimensiones (2-D) de la mayoría de los tejidos blandos sin someter a los pacientes a radiación iónica. Son usados en los departamentos de imaginología de los hospitales para complementar otras modalidades de imagen y en otros departamentos o en consultorios privados se usan principalmente para escaneo abdominal y de ginecoobstetricia. Algunos sistemas incluyen transductores adicionales para facilitar el diagnóstico de procedimientos más especializados como los cardíacos, vasculares, endovaginales, endotraqueales o de partes pequeñas.

Principios de operación

Ultrasonido se refiere a ondas de sonido emitidas a frecuencias mayores del rango auditivo humano. Para realizar diagnósticos por imaginología, las frecuencias más usadas son las que varían dentro del rango de 2 a 15 MHz. Para el escaneo vascular las frecuencias utilizadas van de los 5 a los 15 MHz y para el caso de escaneo intravascular las frecuencias van de los 15 a los 30 MHz.

Las ondas de ultrasonido son vibraciones mecánicas (acústicas) que requieren de un medio de transmisión; debido a que presentan las propiedades normales de una onda, que son de reflexión, refracción, y difracción, esto es, que se pueden dirigir, enfocar y reflejar.

Un sistema típico de escaneo por ultrasonido consta de las siguientes partes:

Formador de rayo (en inglés "beamformer")

Unidad central de procesamiento

Interfase de usuario (teclado, panel de control)

Varios tipos de transductores o cabezas para escasear

Uno o varios monitores o pantallas de despliegue de video

Dispositivo de almacenamiento de datos

Fuente de poder o sistema de alimentación eléctrica

La imagen de ultrasonido se logra colocando un transductor sobre la piel del paciente o se inserta dentro de alguna cavidad. Estos sensores contienen uno o más elementos de material piezoeléctrico. Cuando la energía de ultrasonido emitida por el sensor es reflejada por el tejido, el transductor recibe algunos de estos reflejos (ecos) y los reconvierte en señales eléctricas. Estas señales son procesadas y convertidas en imagen (sonograma).

Los transductores utilizados tanto para exámenes cardiovasculares como para el tipo general pueden generar dos formas diferentes de despliegue: rectangular para los lineales y en forma de cuña para los sectoriales. Para el caso de los ultrasonidos intravasculares la imagen generada tiene forma de anillo, de dona o radial. Las imágenes lineales son producidas por transductores planos de arreglo lineal, con al menos 128 elementos piezoeléctricos colocados en una sola línea con arreglos de diferentes longitudes de entre los 4 y los 15 cm (Ver tabla 1).

Tabla 1. Formas de despliegue de transductores.

Uso o examen	Forma despliegue	Tipo transductor
Cardio-vascular o general	rectangular	lineal
	cuña	sectorial
Intravascular	anillo	
	dona	
	radial	

Los dos primeros pueden ser mecánicos o electrónicos siendo estos últimos los más frecuentes, los cuales utilizan arreglos de fase (elementos piezoeléctricos arreglados en línea). (Ver figura 1).

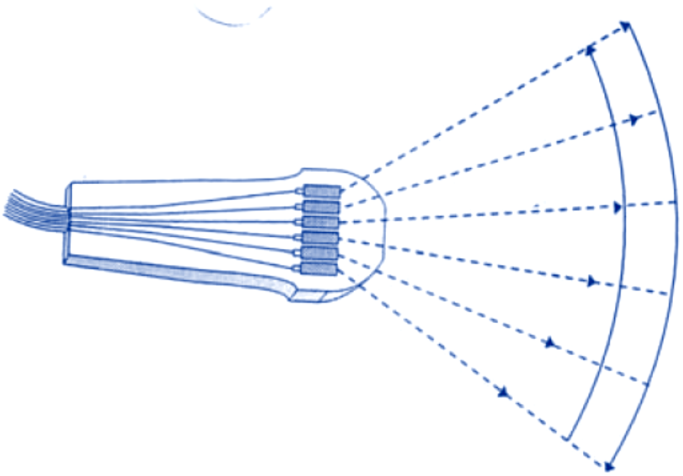

Figura 1. Transductor electrónico de arreglo lineal.

Para el caso de los equipos de ultrasonido cardiovasculares se tiene la opción de adquirir un transductor transesofágico. Este transductor está montado en un gastroscopio y se introduce en el esófago del paciente, obteniendo señales bidimensionales, de Doppler y de flujo de color prácticamente libres de ruido gracias a la proximidad de éste con respecto al corazón. Los más comunes son los multiplanares que proveen el escaneo de diversos planos dejando prácticamente en desuso a los biplanares (sólo en dos planos) y Mono planares (en un único plano).

Existen varios modos para desplegar el retorno de los ecos:

Modo A = En este modo la señal de los ecos reflejados es desplegado como una amplitud de voltaje.

Modo B o Bidimensional = modo de brillantez modulada (Ver figura 2). En este modo se produce una señal bidimensional en tiempo real que representa un corte transversal del área estudiada.

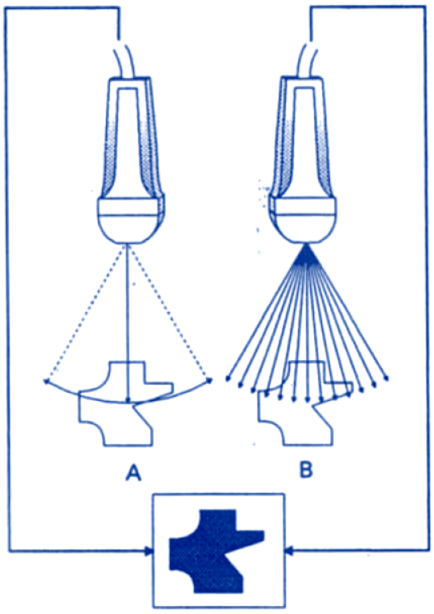

Figura 2. Obteniendo una imagen en Modo B.
A= un solo haz. B= varios haces.

Modo M = modo de movimiento (ver figura 3) utiliza un haz pulsado en una posición fija para desplegar un movimiento, en una línea, en un determinado intervalo de tiempo. Este modo se utiliza por lo general en aplicaciones cardíacas.

Doppler. Modo usado para determinar la dirección y velocidad del flujo sanguíneo. La mayoría de los equipos incluyen Doppler Espectral, el cual puede encontrarse en dos modalidades:

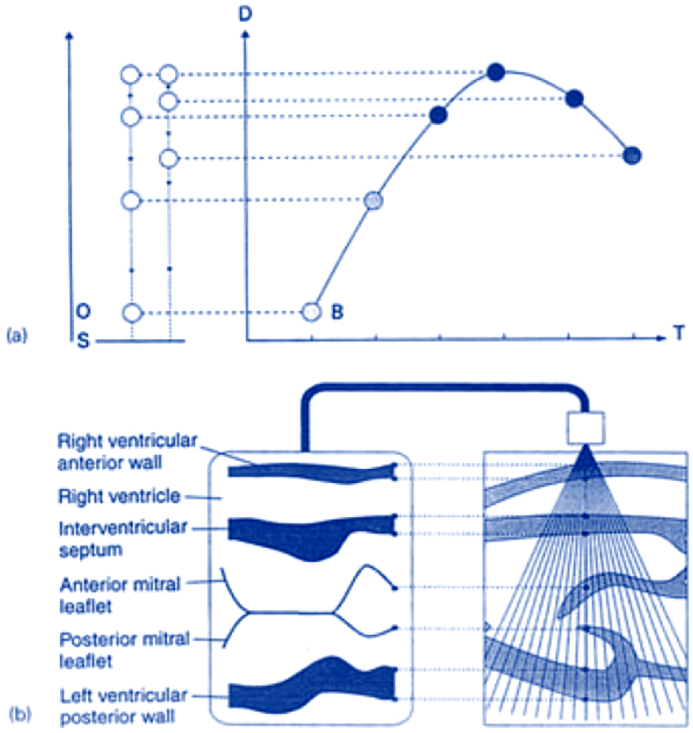

Figura 3. a) Obteniendo el trazo del Modo M. b) Obteniendo el Modo M.

Onda continua (CW por sus siglas en inglés). El modo CW Doppler es el modo más simple de Doppler espectral y es normalmente usado para el análisis del flujo sanguíneo en donde la información sobre la profundidad de los vasos no es importante. Con un Doppler CW se puede obtener con gran exactitud la velocidad sanguínea a través del área de muestreo.

Onda pulsada (PW por sus siglas en inglés). Un Doppler PW es usado cuando se requiere de selectividad de profundidad, pero no puede ser usado para velocidades altas ya que tiene problema de análisis. (Ver figura 4).

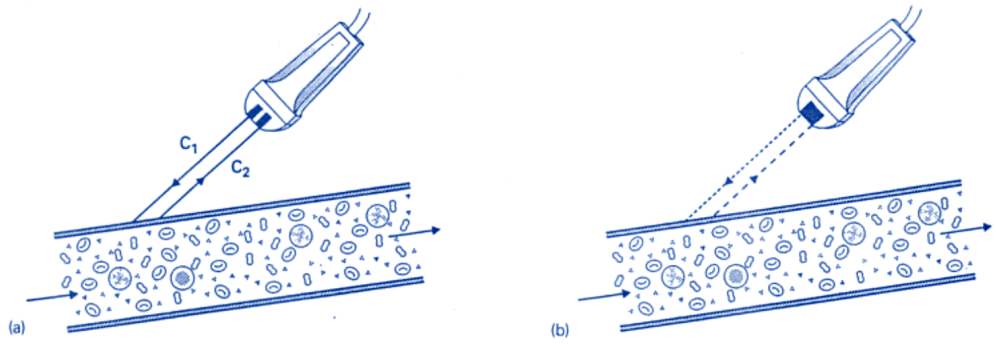

Figura 4. Transmisión y recepción del Modo Doppler.
a) Señal de Doppler de onda continua, b) Señal de Doppler pulsado.

Doppler color. El Doppler en color es una forma mejorada de la ecocardiografía Doppler. Con el Doppler en color, los diferentes colores son utilizados para indicar las distintas direcciones del flujo sanguíneo. Utilizando un sistema dúplex, se puede sobre imponer la información Doppler a la imagen en tiempo real, codificando las diferentes velocidades mediante una escala de color. Este es el principio de la imagen de flujo en color. La imagen en color simplemente muestra donde se detecta sangre en movimiento, y por tanto la cantidad de color refleja el volumen de sangre en movimiento en las estructuras examinadas.

Tríplex o dúplex. El Doppler es la técnica básica y más antigua del ultrasonido que sólo registra ondas sonoras obtenidas de los vasos, es ciego, es decir que no produce imágenes. Posterior a este método surge el dúplex vascular que añade al estudio Doppler la observación directa de la imagen en escala de grises de los vasos sanguíneos. A este método luego se le une el color creándose la técnica tríplex, también llamada dúplex color.

El uso de agentes de contraste con ultrasonido ha sido estudiado cuando menos por 25 años. Algunas aplicaciones utilizan técnicas para procesar señales de segundo orden y una de ellas consiste en la elaboración de "imágenes armónicas" o "imágenes de segunda armónica". Esta aplicación explora propiedades especiales de algunos agentes de contraste, con la esperanza de que el ultrasonido sea capaz de detectar la presencia del agente en la sangre o tejidos que sean analizados por métodos ultrasonográficos. De tal manera que las imágenes armónicas pueden ser indicadores de perfusión miocárdica y además mejorar sustancialmente la calidad de la imagen. Los agentes ultrasonográficos de contraste consisten en microburbujas de gas adosadas a proteínas como la albúmina. Estos agentes contienen burbujas de tamaño y concentración variable y materiales de cobertura diferentes. Cuando los agentes son insonificados con el rayo centrado en la principal frecuencia de la imagen, el agente refleja el rayo en su frecuencia original, pero también provoca resonancia en múltiplos de esa frecuencia. De tal manera que al insonificar un agente a 2.5 MHz, la onda sónica retornará con componentes de frecuencia a 2.5 MHz, 5.0 MHz, 7.5 MHz y así sucesivamente. La principal frecuencia se llama "frecuencia fundamental" y los múltiplos son las llamadas "armónicas" de la frecuencia fundamental. La frecuencia fundamental ("principal") se llama "primera armónica" y esa frecuencia multiplicada por dos es la "segunda armónica".

Tipos de Ultrasonidos, Sistemas de Imaginología

Ultrasonido de uso general

Los sistemas de ultrasonido de uso general proveen de imágenes bidimensionales de casi cualquier tejido blando evitando la exposición ionizante del paciente a la radiación. Estos sistemas son utilizados en su mayoría en departamentos de Radiología e Imagen para complementar otras modalidades de imagen. También es utilizado para hacer estudios abdominales y gineco-obstétricos.

Algunos sistemas de uso general incluyen transductores que permiten estudios mas especializados tales como: cardíacos, vasculares, endovaginales, Endo rectales, partes pequeñas (tiroides, senos, escroto y próstata).

Ultrasonido de propósito general. Equipo para exploración ultrasonográfico de propósito general, es decir que puede utilizarse tanto es estudios radiológicos, vasculares, cardiológico y gineco obstétricos, sin contar con programas tan especializados para cada modalidad. Esto estudios cuentan con modos de operación B, M y Doppler color.

Ultrasonido Gineco obstétrico. Equipo de propósito general que permite realizar procedimientos diagnósticos específicos en ginecología y obstetricia.

Ultrasonido Doppler color. Equipo ultrasonográfico con fines diagnósticos con Doppler color para abdomen, vascular periférico, gineco-obstétrico, partes pequeñas y músculo esquelético tanto para pacientes adultos como pediátricos.

Ultrasonido Cardiovascular

Ecocardiógrafo. Estos equipos están designados especialmente para analizar en tiempo real, las estructuras y funcionalidad del corazón. Este equipo además de ayudar a detectar defectos congénitos y de funcionalidad, permite en algunos casos evitar la cateterización para vigilar la función ventricular.

Ultrasonido vascular. Este equipo permite evaluar el desempeño de venas y arterias de todo el cuerpo. Este sistema evita en muchos casos explorar de forma invasiva y obtener diagnósticos y tratamientos claros y específicos.

Ultrasonido intravascular. Este sistema utiliza alta frecuencia en un diminuto transductor que montado en un catéter produce señales de 360 grados en forma transversal de los vasos sanguíneos. Esto permite aplicaciones de diagnóstico y terapéuticas.

Los sistemas cardiovasculares proveen de escaneo bidimensional (2D) de tejidos blandos y estructuras en movimiento dependiendo de los transductores y de los paquetes, será la aplicación para: estudios abdominales, gineco-obstétricos, urológicos, partes pequeñas, cardíacas, entre otros.

Estos sistemas son utilizados frecuentemente en consultorios médicos, gabinetes pequeños de radiología y en consulta externa de algunas instituciones de salud. También es utilizado para escanear a pacientes en su cama cuando resulta complicado transportarlos hasta la sala de Imagen.

Sin embargo, existen también los sistemas tridimensionales 3D y en Cuarta Dimensión 4D cuya tecnología, utiliza ondas de sonido de alta frecuencia para obtener imágenes anatómicas en 2D y libres de rayos X. La tecnología de 3D añade a estas imágenes, ya valiosas de por sí, la profundidad, proporcionando una información mucho más detallada. En 4D se avanza un paso más al añadir el movimiento a la imagen fija que aparece en 3D.

Los transductores

La energía ultrasónica se genera en el transductor, que contiene a los cristales piezoeléctricos, éstos poseen la capacidad de transformar la energía eléctrica en sonido y viceversa, de tal manera que el transductor o sonda actúa como emisor y receptor de ultrasonidos.

La circonita de titanio de plomo es la cerámica usada como cristal piezoeléctrico y que constituye el alma del transductor. Existen cuatro tipos básicos de transductores: Sectoriales, anulares, de arreglo radial y los lineales; difiere tan sólo en la manera en que están dispuestos sus componentes.

Los transductores lineales son los más frecuentemente empleados en ecografía musculoesquelética, se componen de un número variable de cristales piezoeléctricos de forma rectangular que se sitúan, uno frente al otro, funcionan en grupos, de modo que al ser estimulados producen o emiten simultáneamente un haz ultrasónico.

La velocidad de transmisión del sonido varía dependiendo del tipo de material por el que atraviese. Los factores que determinan la velocidad del sonido a través de una sustancia son la densidad y la compresibilidad, así tenemos que los materiales con mayor densidad y menor compresibilidad transmitirán el sonido a una mayor velocidad.

Esta velocidad varía dependiendo de las características de cada tejido; por ejemplo, en la grasa las ondas se mueven más lentamente; mientras que, en el aire, la velocidad de propagación es tan lenta, que las estructuras que lo contienen no pueden ser evaluadas por ultrasonido. Por otro lado, la velocidad es inversamente proporcional a la compresibilidad; las moléculas en los tejidos más compresibles están muy separadas, por lo que transmiten el sonido más lentamente.

Los materiales densos tampoco transmiten las ondas sonoras con rapidez, ya que las moléculas tan poco distanciadas son difíciles de comprimir. Mientras las ondas ultrasónicas se propagan a través de las diferentes interfases tisulares, la energía ultrasónica pierde potencia y su intensidad disminuye progresivamente, circunstancia conocida como atenuación y puede ser secundaria a absorción o dispersión. La absorción involucra la transformación de la energía mecánica en calor; mientras que la dispersión consiste en la desviación de la dirección de propagación de la energía. Los líquidos se consideran no atenuadores; el hueso es un importante atenuador mediante absorción y dispersión de la energía; mientras que el aire absorbe de forma potente y dispersa la energía en todas las direcciones.

El sonido se refleja en las interfaces entre diferentes materiales o tejidos. Dos factores influyen sobre la reflectividad: la impedancia acústica de los materiales y el ángulo de incidencia del haz del sonido. La impedancia acústica es el producto de la densidad de un material por la velocidad del sonido dentro del mismo.

El contacto de dos materiales con diferente impedancia da lugar a una interface entre ellos. Así como tenemos que la impedancia es igual al producto de la densidad de un medio por la velocidad del sonido en dicho medio: **Z = VD. Incidente Reflejado**

La impedancia acústica de los materiales y el ángulo de incidencia del haz del sonido influyen sobre la reflectividad. La impedancia acústica es el producto de la densidad de un material por la velocidad del sonido dentro del mismo. La interfase entre dos materiales con diferente impedancia acústica se produce por el contacto entre ellos.